

STUDI VERIFIKASI SISTEM KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH MENGGUNAKAN ALAT PHB – SR (PERALATAN HUBUNG BAGI SAMBUNGAN RUMAH) DI WILAYAH PLN AREA CEMPAKA PUTIH

Husnibes Muchtar¹, Yayan Sopian²

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat (10510)
Email: husnibes.muchtar@ftumj.ac.id

Abstrak

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik sering kali terjadi di lapangan. Hal ini merupakan beban satu fasa pada pelanggan Jaringan Tegangan Rendah yang tidak sama akibat banyaknya penambahan beban listrik yang tidak memperhatikan ketidakseimbangan beban sistem. Akibat ketidakseimbangan tersebut muncul arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (susut teknis/rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Dengan merealisasikan PHB SR (Peralatan Hubung Bagi Sambungan Rumah) ini mampu menyeimbangkan beban pada Jaringan Tegangan Rendah secara berkala dan kontinu sehingga dapat mengurangi susut teknis (losses), mempermudah Bidang Penyambungan dalam teknis penyambungan Sambungan Rumah (SR) di Tiang, meningkatkan estetika dan kerapian Sistem Jaringan.

Kata kunci :

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi. Dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian beban-beban yang pada awalnya merata, namun karena perbedaan waktu pemakaian menimbulkan ketidakseimbangan beban. Untuk menjaga stabilitas beban tersebut diperlukan analisis pembebanan yang bertujuan mengidentifikasi ketidakseimbangan beban antar fasa (R, S, T) yang menyebabkan mengalirnya arus pada netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo dapat mengakibatkan losses (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Proses pemerataan beban yang ada saat ini cukup sulit dilakukan secara kontinu dan berkala, tingginya gangguan pembatas arus (NH-Fuse) akibat beban yang tidak seimbang dapat menyebabkan pemadaman aliran listrik. Oleh sebab itu, penulis membuat sebuah alat pembagi yaitu alat PHB SR (Peralatan Hubung Bagi Sambungan Rumah) sebagai pembagi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) ke Sambungan Rumah (SR).

- Terjadinya ketidakseimbangan beban pada setiap Fasa (R-S-T), sehingga mengalir Arus yang cukup tinggi pada Netral dan Pentanahan.
- Proses pemerataan beban yang ada saat ini cukup sulit dilakukan secara kontinu dan berkala.
- Tingginya gangguan Pembatas Arus (NH-Fuse) akibat pembebanan yang tidak merata seimbang dapat menyebabkan pemadaman aliran listrik.
- Estetika & kerapian JTR.

1.2 Tujuan

- Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :
- Tersedianya Jaringan Tegangan Rendah dengan pembebanan yang merata/ideal.
 - Mengurangi susut teknis (losses) dan gangguan NH-Fuse akibat beban tidak merata.
 - Mempermudah Bidang Penyambungan dalam teknis penyambungan Sambungan Rumah (SR) ke Jaringan Tegangan Rendah (JTR) di Tiang.
 - Meningkatkan kualitas pelayanan melalui estetika dan kerapian Jaringan Listrik.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka rumusan masalah akan disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana pembebanan Gardu menjadi merata/ideal ?
2. Bagaimana cara mengurangi susut teknis (*losses*) akibat adanya arus pada kawat Netral dan Pentanahan/ground ?
3. Bagaimana cara mengurangi gangguan pembatas arus (NH-Fuse) ?
4. Bagaimana teknis alat PHB-SR ?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus pada permasalahan, maka perancangan penelitian ini dibatasi pada :

1. Ketidakseimbangan beban pada Gardu Distribusi.
2. Susut teknis (*losses*) adalah akibat timbulnya arus pada kawat Netral dan Pentanahan/Ground.
3. Gangguan pembatas arus (NH-Fuse) sebagai akibat dari beban yang tidak merata.
4. PHB-SR digunakan untuk manuver beban dalam teknis penyeimbangan/pemerataan beban.

2 SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik memiliki pengertian suatu kesatuan dari unit pembangkit listrik, unit transmisi listrik, dan unit distribusi listrik yang menyalurkan listrik dari produsen kepada konsumen dengan dilengkapi sistem proteksi pada kesatuan tersebut, secara umum Sistem Tenaga Listrik dibagi menjadi tiga segmen, yaitu Pembangkitan, Transmisi dan Distribusi.

2.2 Komponen-komponen Jaringan Distribusi :

- Gardu Induk
- Jaringan Distribusi Primer
- Gardu Distribusi
- Jaringan Distribusi Sekunder

2.3 Penyusutan Energi Pada Jaringan Distribusi

Penyusutan energy pada jaringan distribusi ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian, antara lain :

1. Penyusutan energy pada penyulang.
2. Penyusutan energy pada transformator distribusi.
3. Penyusutan energy pada titik sambungan (jointing).

Susut Non-Teknis merupakan susut atau daya yang hilang akibat faktor-faktor non teknis, dalam artian merupakan susut yang benar-benar tidak bisa diperhitungkan penyebab dari susut ini.

Beberapa contoh dari penyebab susut non teknis ini adalah adanya pencurian listrik. Penyebab lain yang sering terjadi juga adalah karena adanya kesalahan dalam pencatatan nilai. Lebih jelas parameter yang harus diperhatikan yang seringkali menjadi penyebab timbulnya susut non teknis adalah sebagai berikut:

- Pengukuran Energi Listrik
- Pencatatan Meter Pelanggan
- Pemakaian sendiri
- Prosedur perhitungan dan pelaporan susut
- Kontak pelanggan
- Komposisi Jaringan

Sementara susut teknis merupakan susut yang terjadi karena memang ketidaksempurnaan sistem, dengan kata lain susut yang sudah pasti ada dan biasanya dapat dibuat model perhitungannya. Secara umum rumusan perhitungan susut teknis berasal dari rumus berikut :

$$P_{\text{susut}} = I^2 \text{Saluran} \times R_{\text{kabel}}$$

I = besar arus yang mengalir di jaringan (Ampere)

R = besar hambatan dalam penghantar (Ω)

Kemudian besar hambatan kabel tersebut didefinisikan dengan persamaan.

$$R = \rho \times l / A$$

R = Hambatan dalam penghantar (Ω)

ρ = hambatan jenis penghantar (Ω meter)

l = Panjang Penghantar (meter)

A = luas penampang penghantar (meter²)

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa secara sederhana rugi-rugi jaringan diakibatkan oleh besar arus yang mengalir, ini dipengaruhi terutama oleh pusat-pusat beban, semakin banyak beban yang bekerja maka akan semakin besar pula arus yang mengalir di jaringan. Kemudian juga disebabkan oleh penghantar juga akan lebih kecil.

3 METODOLOGI

3.1 Data Teknis

Data teknis yang dilakukan dalam penelitian ini berupa data-data profil Gardu Distribusi dan Jaringan Tegangan Rendah. Dimana penelitian ini diambil berdasarkan hasil evaluasi, sehingga dijadikan sampel penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui ketidak seimbangan pada Jaringan Tegangan Rendah dan berapa besarnya energi yang hilang / susut dari Jaringan Tegangan

Rendah yang menyuplai energi hingga ke masyarakat pengguna energi listrik.



Spesifikasi Trafo Tiang :

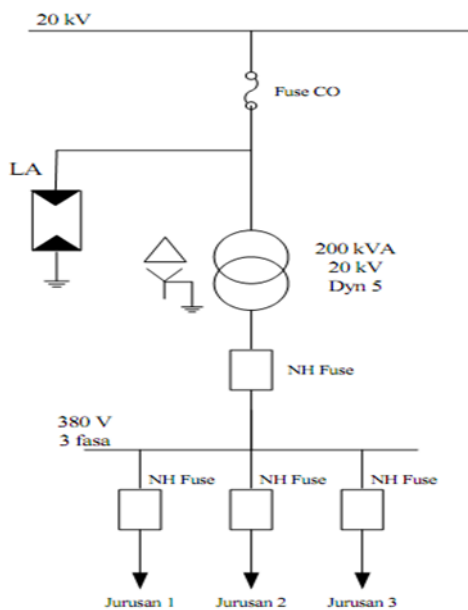
- Gardu : TP 15P
- Merk / Tipe: Trafindo / Outdoor
- Daya : 200 kVA
- Tegangan Kerja : 21/20,5/20/19,5/19 kV // 400 V
- Arus : 6,8 – 359 A
- Hubungan : Dyn5
- Impedansi : 4%
- Trafo : 1 x 3 fasa

• Data Pembebanan Trafo (I)

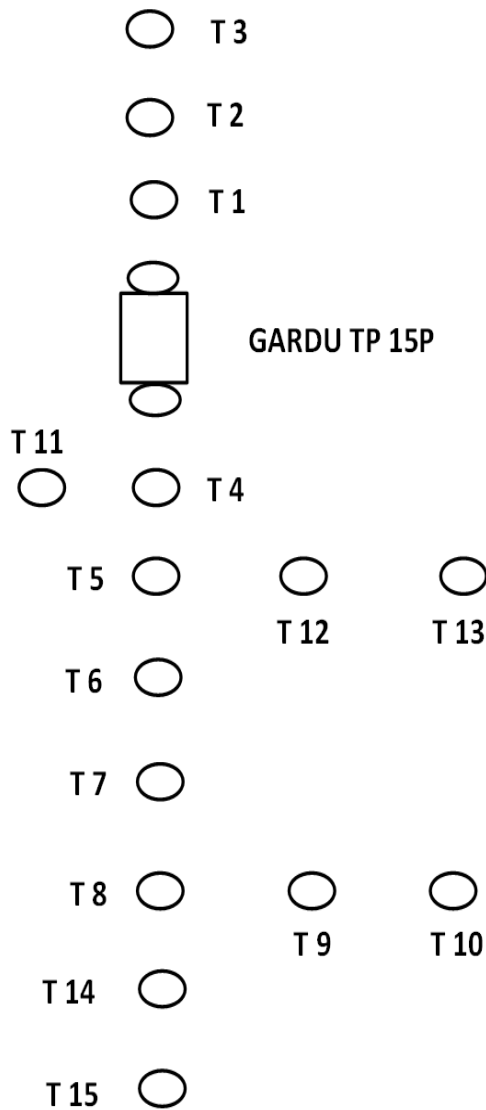
Fasa	S (kVA)	Vp-n (V)	I (A)
PENGUKURAN SIANG			
R	50,42	226	223,1
S	37,29	226	165
T	20,57	227	90,6
IN		118,6 A	
IG		62,1 A	
RG		3,8 Ω	
PENGUKURAN MALAM			
R	68,31	225	303,6
S	42,42	226	187,7
T	37,38	226	165,4
IN		131,7 A	
IG		58,9 A	
RG		3,8 Ω	

Ukuran kawat untuk penghantar netral trafo adalah 50 mm² dengan R = 0,6842 Ω/km, sedangkan untuk kawat penghantar fasanya adalah 70 mm² dengan R = 0,5049 Ω/km.

• Sketsa Tiang listrik (I)



3.1.1 Skema Jaringan Tegangan Rendah Awal



	DAYA (VA)			
	900 VA	1300 VA	2200 VA	
T1	3	1	0	8 PELANGGAN
T2	2	2	2	8 PELANGGAN
T3	0	1	3	10 PELANGGAN
T4	0	5	0	15 PELANGGAN
T5	2	0	1	6 PELANGGAN
T6	2	2	0	9 PELANGGAN
T7	0	3	0	5 PELANGGAN
T8	0	3	0	8 PELANGGAN
T9	0	1	1	8 PELANGGAN
T10	1	0	0	6 PELANGGAN
T11	0	2	1	9 PELANGGAN
T12	0	3	1	11 PELANGGAN
T13	0	1	0	7 PELANGGAN
T14	0	2	3	9 PELANGGAN
T15	0	1	1	8 PELANGGAN

- Jumlah Pelanggan (I)

3.2 Perhitungan dan Persentase pembebanan Trafo (I)

$$S = 200 \text{ kVA}, V = 400 \text{ V (fasa-fasa)}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{200000}{\sqrt{3} \times 400} = 288,68 \text{ A}$$

$$I_{rata \text{ siang}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{223,1 + 165 + 90,6}{3} = 159,67 \text{ A}$$

$$I_{rata \text{ malam}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{303,6 + 187,7 + 165,4}{3} = 218,90 \text{ A}$$

Persentase beban Trafo :

$$\frac{I_{rata \text{ siang}}}{I_{FL}} = \frac{159,67}{288,68} = 55,31\%$$

$$\frac{I_{rata \text{ malam}}}{I_{FL}} = \frac{218,90}{288,68} = 75,83\%$$

Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu 75,83%.

3.3 Perhitungan ketidakseimbangan beban pada Trafo (I)

- Pada Siang Hari :

Dengan menggunakan persamaan (6), koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besar

arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besar arus rata-rata (I_{rata}).

$$I_R = a \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{223,1}{159,67} = 1,40$$

$$I_S = b \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_S}{I} = \frac{165}{159,67} = 1,30$$

$$I_T = c \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_T}{I} = \frac{90,6}{159,67} = 0,57$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$\frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$\frac{\{|1,4-1|+|1,3-1|+|0,57-1|\}}{3} \times 100\% = 28,67\%$$

- Pada Malam Hari :

Dengan menggunakan persamaan (6), koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besar arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besar arus rata-rata (I_{rata}).

$$I_R = a \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{303,6}{218,9} = 1,39$$

$$I_S = b \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_S}{I} = \frac{187,7}{218,9} = 0,86$$

$$I_T = c \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_T}{I} = \frac{165,4}{218,9} = 0,75$$

Pada keadaan seimbang, besar koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$\frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$\frac{\{|1,39-1|+|0,86-1|+|0,75-1|\}}{3} \times 100\% = 26\%$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa baik pada siang hari maupun malam hari, ketidakseimbangan beban cukup tinggi (> 25%), hal ini disebabkan karena penggunaan beban yang tidak merata antar Pelanggan.

3.4 Perhitungan Susut Teknis (Losses) (I)

- Pada Siang hari

Berdasarkan data tersebut, *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_N = (I_N)^2 \cdot R_N = (118,6)^2 \cdot 0,6842$$

$$= 9623,92 \text{ Watt} \approx 9,62 \text{ kW}$$

dimana daya aktif trafo (P) :

$P = S \cdot \cos \phi$, dimana $\cos \phi$ yang digunakan adalah 0,85

$$P = 200 \cdot 0,85 = 170 \text{ kW}$$

Sehingga persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{9,62}{170} \times 100\% = 5,66\%$$

Losses akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_G = (I_G)^2 \cdot R_G = (62,1)^2 \cdot 3,8$$

$$= 146554,4 \text{ Watt} \approx 14,65 \text{ kW}$$

Dengan demikian persentase *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah adalah :

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{14,65}{170} \times 100\% = 8,62\%$$

- Pada Malam hari

Losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_N = (I_N)^2 \cdot R_N = (131,76)^2 \cdot 0,6842$$

$$= 11867,37 \text{ Watt} \approx 11,87 \text{ kW}$$

Sehingga persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{11,87}{170} \times 100\% = 6,98\%$$

Losses akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya, yaitu:

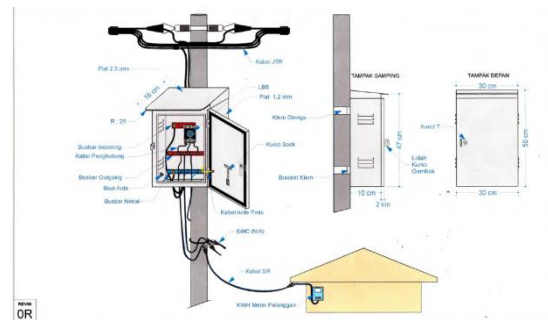
$$P_G = (I_G)^2 \cdot R_G = (58,9)^2 \cdot 3,8$$

$$= 13183 \text{ Watt} \approx 13,18 \text{ kW}$$

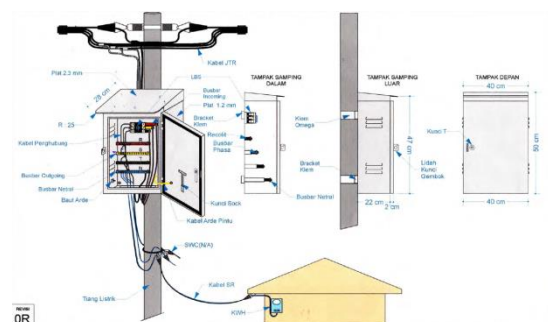
Dengan demikian persentase *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah adalah :

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{13,18}{170} \times 100\% = 7,75\%$$

3.5 Gambar dan Teknis PHB – SR



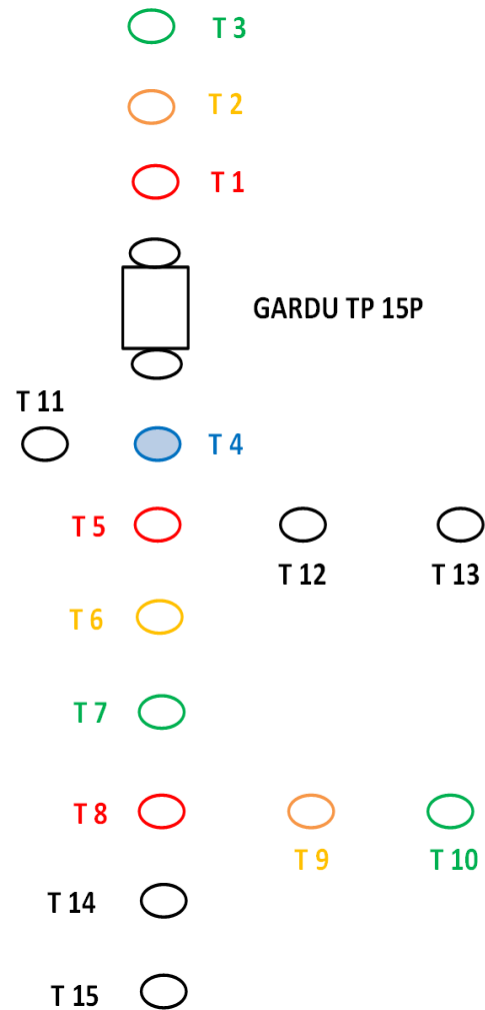
Gambar. PHB-SR 1 fasa



Gambar 3.7 PHB-SR 3 fasa

Teknis :

- PHB SR terdiri atas PHB 1 fasa dan PHB 3 fasa
- PHB 3 fasa berfungsi sebagai tempat manuver beban (pemindahan SR dari fasa tinggi ke fasa rendah)
- PHB SR 1 fasa dipasang di setiap tiang, dengan urutan tiang ke-1 dikoneksikan ke fasa R, tiang ke-2 dikoneksikan ke fasa S, tiang ke-3 dikoneksikan ke fasa T, tiang ke-4 dipasangi PHB SR 3 fasa (berfungsi untuk manuver beban), tiang ke 5 dan selanjutnya dipasangi PHB SR 1 fasa secara berurutan mengikuti fasa
- Pindahkan kabel Sambungan Rumah (SR) ke PHB SR, kemudian lakukan pengukuran disetiap jurusan pada PHB-TR
- Setelah mendapatkan pengukuran siang dan malam lakukan manuver beban di PHB SR 3 fasa
- Diperoleh hasil pemerataan beban yang ideal (< 20%)
- Beban sifatnya tidak stabil, dalam kurun waktu tertentu beban tersebut akan bertambah. Jika kondisi pemerataan beban kembali tidak ideal maka lakukan manuver beban. Dengan adanya PHB SR ini, pemindahan beban-beban di Jaringan Tegangan Rendah akan lebih efektif, efisien dan mudah.



4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Jaringan

Perbandingan data-data pembebanan Trafo sebelum dan sesudah dipasang PHB-SR untuk dapat melakukan pengukuran dan analisa ketidak seimbangan beban yang menyebabkan susut (losses) yang cukup tinggi pada masing-masing Gardu, antara lain : hasil ukur beban trafo, hasil ukur arus pada penghantar netral, hasil ukur arus pada kawat ground dan panjang Jaringan Tegangan Rendah.

- Sketsa Tiang listrik (II)

- Jumlah Pelanggan (II)

	DAYA (VA)			
	900 VA	1300 VA	2200 VA	
T1	3	5	0	8 PELANGGAN
T2	2	4	2	8 PELANGGAN
T3	0	6	4	10 PELANGGAN
T4	0	5	2	7 PELANGGAN
T5	0	2	0	2 PELANGGAN
T6	0	3	3	6 PELANGGAN
T7	2	1	3	6 PELANGGAN
T8	2	5	2	9 PELANGGAN
T9	0	5	0	5 PELANGGAN
T10	1	5	2	8 PELANGGAN
T11	0	5	3	8 PELANGGAN
T12	3	3	0	6 PELANGGAN
T13	0	1	2	9 PELANGGAN
T14	0	2	3	11 PELANGGAN
T15	0	3	1	7 PELANGGAN
T16	0	1	2	9 PELANGGAN
T17	0	1	2	7 PELANGGAN
T18	0	2	1	9 PELANGGAN
T19	0	2	0	9 PELANGGAN
T20	0	2	0	9 PELANGGAN
T21	0	4	0	8 PELANGGAN
T22	0	1	1	8 PELANGGAN
T23	0	0	2	8 PELANGGAN
TOTAL	13	74	40	127 PELANGGAN

- Data Pembebanan Trafo (I)

Fasa	S (kVA)	Vp-n (V)	I (A)
PENGUKURAN SIANG			
R	35,78	226	158,3
S	37,85	225	168,2
T	33,81	226	149,6
IN		46,6 A	
IG		12,1 A	
RG		3,8 Ω	
PENGUKURAN MALAM			
R	52,79	225	234,6
S	48,88	226	216,3
T	46,96	226	207,8
IN		64,1 A	
IG		21,4 A	
RG		3,8 Ω	

4.2 Perhitungan dan Persentase pembebanan Trafo (II)

S = 200 kVA, V = 400 V (fasa-fasa)

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{200000}{\sqrt{3} \times 400} = 288,68 \text{ A}$$

$$I_{rata \text{ siang}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{158,3 + 168,2 + 149,6}{3} = 158,7 \text{ A}$$

$$I_{rata \text{ malam}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{234,6 + 216,3 + 207,8}{3} = 219,57 \text{ A}$$

Persentase beban Trafo :

$$\bullet \frac{I_{rata \text{ siang}}}{I_{FL}} = \frac{158,7}{288,68} = 54,97\%$$

$$\bullet \frac{I_{rata \text{ malam}}}{I_{FL}} = \frac{219,57}{288,68} = 76,06\%$$

Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu 76,06%.

4.3 Perhitungan ketidakseimbangan beban pada Trafo (II)

- Pada Siang Hari :

Dengan menggunakan persamaan (6), koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besar arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besar arus rata-rata (I_{rata}).

$$I_R = a \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{158,3}{158,7} = 0,99$$

$$I_S = b \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_S}{I} = \frac{168,2}{158,7} = 1,05$$

$$I_T = c \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_T}{I} = \frac{149,6}{158,7} = 0,94$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$\frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% = \frac{\{|0,99-1|+|1,05-1|+|0,94-1|\}}{3} \times 100\% = 4 \%$$

- Pada Malam Hari :

Dengan menggunakan persamaan (6), koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besar arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besar arus rata-rata (I_{rata}).

$$I_R = a \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{234,6}{219,57} = 1,07$$

$$I_S = b \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_S}{I} = \frac{216,3}{219,57} = 0,98$$

$$I_T = c \times I, \text{ maka : } a = \frac{I_T}{I} = \frac{207,8}{219,57} = 0,94$$

Pada keadaan seimbang, besar koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$\frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% = \frac{\{|1,07-1|+|0,98-1|+|0,94-1|\}}{3} \times 100\% = 4,6 \%$$

Dari perhitungan di atas menunjukkan bahwa baik pada siang hari maupun malam hari, ketidakseimbangan beban cukup rendah (< 25%).

4.4 Perhitungan Susut Teknis (Losses) (II)

- Pada Siang hari

Berdasarkan data tersebut, losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_N = (I_N)^2 \cdot R_N = (46,6)^2 \cdot 0,6842 = 1485,78 \text{ Watt} \approx 1,486 \text{ kW}$$

Sehingga persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{1,486}{170} \times 100\% = 0,87 \%$$

Losses akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_G = (I_G)^2 \cdot R_G = (12,1)^2 \cdot 3,8 \\ = 556,36 \text{ Watt} \approx 0,556 \text{ kW}$$

Dengan demikian persentase *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah adalah :

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{0,556}{170} \times 100\% = 0,33 \%$$

- Pada Malam hari

Losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_N = (I_N)^2 \cdot R_N = (64,1)^2 \cdot 0,6842 \\ = 2811,25 \text{ Watt} \approx 2,81 \text{ kW}$$

Sehingga persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{2,811}{170} \times 100\% = 1,65 \%$$

Losses akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_G = (I_G)^2 \cdot R_G = (21,4)^2 \cdot 3,8 \\ = 1740,25 \text{ Watt} \approx 1,74 \text{ kW}$$

Dengan demikian persentase *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah adalah :

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{1,74}{170} \times 100\% = 1,02 \%$$

4.5 Manfaat PHB-SR

Manfaat Finansial

Mengurangi *losses* dan penghematan sebesar (berdasarkan data pada pembahasan beban malam hari):

$$\Delta P_G = P_{G1} - P_{G2} \\ = 13,18 \text{ kW} - 1,74 \text{ kW} \\ = 11,44 \text{ kW}$$

$$\text{Asumsi Rp1.352/kWh}$$

Dalam 1 (satu bulan) diperoleh penghematan sebesar :

$$11,44 \text{ kW} \times 720 \times \text{Rp1.352} = \text{Rp 11.136.153}$$

$$\Delta P_N = P_{N1} - P_{N2} \\ = 11,87 \text{ kW} - 2,81 \text{ kW} \\ = 9,06 \text{ kW}$$

Dalam 1 (satu bulan) diperoleh penghematan sebesar :

$$9,06 \text{ kW} \times 720 \times \text{Rp 1.352} = \text{Rp8.819.366}$$

- Mengurangi gangguan pembatas arus NH-Fuse, kWh yang hilang akibat pemadaman dan pembelian material akibat kerusakan.

Manfaat Nonfinansial

- Mempermudah Bidang Penyambungan dalam teknis penyambungan Sambungan Rumah (SR) di Tiang.
- Mendukung program *go green* PLN melalui estetika dan kerapian Jaringan Listrik.

5 KESIMPULAN

- PHB SR adalah sebuah alat pembagi Sambungan Rumah dari Jaringan Tegangan Rendah yang dipasang pada Tiang Listrik, tempat manuver beban dalam pelaksanaan pemerataan/ penyeimbangan.
- Pada Gradu TP 15P susut teknis (*losses*) akibat timbulnya arus pada kabel netral dan kabel pentanahan mencapai 24,27 kW pada siang hari dan 25,05 kW pada malam hari.
- Setelah dilakukan pemerataan/ manuver beban turun mencapai 2,04 kW pada siang hari dan 4,55 kW pada malam hari, sehingga susut teknis (*losses*) dapat turun sekitar 80%.

6 DAFTAR PUSTAKA

- Kadir, Abdul. 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: UI - Press.
- NN. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sudaryatno Sudirham, Dr. 1991. *Pengaruh Ketidakseimbangan Arus Terhadap Susut Daya pada Saluran*. Bandung: ITB, Tim Pelaksana Kerjasama PLN-ITB.
- Sulasno, Ir. 1991. *Teknik Tenaga Listrik*. Semarang: Satya Wacana.
- Zuhal. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.
- Endansari S, Doa, "Studi Perhitungan Susut Teknis Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik" Jurusan Elektro FTUI, Jakarta 1989
- A.Arismunandar, buku pegangan Teknik Tenaga Listrik, Jilid II, saluran Transmisi, PT Pradaya puramita, 1982
- Materi Diklat Penurunan Losses Pada JTR, PT PLN (PERSERO), 2012
- Materi Diklat Standar Konstruksi Jaringan, 2012
- Materi Diklat Teori Dasar Transformator, 2012